



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2006 037 067 A1 2008.02.14

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2006 037 067.8

(22) Anmeldetag: 08.08.2006

(43) Offenlegungstag: 14.02.2008

(51) Int. Cl.⁸: **C04B 41/87** (2006.01)

C03C 17/23 (2006.01)

A61L 27/10 (2006.01)

A61C 8/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Metoxit AG, Thayngen, CH

(74) Vertreter:
DTS München Patent- und Rechtsanwälte, 80538
München

(72) Erfinder:
Köbel, Stefan, Dr., Zürich, CH; Weber, Wolfram,
Dr., 78247 Hitzingen, DE; Rieger, Wolfhart, Dr.,
Zürich, CH

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 103 24 415 A1

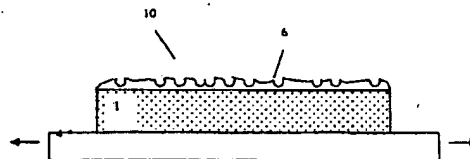
DE 697 17 779 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: Verfahren zum Herstellen einer porösen, keramischen Oberflächenschicht

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren zum Herstellen einer porösen, keramischen Oberflächenschicht (10) auf einem Substrat (1) vor, wobei das Verfahren den Schritt eines Aufbringens einer Mischung auf dem Substrat (1) aufweist, wobei die Mischung mindestens ein Polymer und mindestens ein keramisches Material umfasst.



RECEIVED

JUL 18 2008

BROMBERG & SUNSTEIN LLP

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen einer Oberflächenschicht, insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Herstellen einer porösen, keramischen Oberflächenschicht für ein Implantat.

[0002] Implantate nehmen in der heutigen Medizin einen immer größeren Stellenwert ein. Es gibt Implantate in den unterschiedlichsten Ausführungsformen, wie medizinische Implantate (Herzschrittmacher, Gelenkimplantate, Dentalimplantat), plastische Implantate (Brustimplantat), funktionelle Implantate mit RFID-Chips.

[0003] Prinzipiell werden Implantate vom Körper als Fremdkörper erkannt. Dabei kann der Fall eintreten, dass der Körper ein Implantat einkapselt und es beispielsweise zu keiner mechanisch belastbaren Verbindung zwischen Knochen und Implantat kommt.

[0004] Im Stand der Technik wird durch geeignete Wahl des Implantatmaterials erreicht, dass Gewebe, z.B. Knochenzellen, die Implantatoberfläche besiedeln. Dies ist beispielsweise bei Titan-Oberflächen oder auch bei einigen oxidkeramischen Implantatoberflächen der Fall. Die mechanische Belastbarkeit einer dabei vorkommenden Grenzfläche wird wesentlich von ihrer Topographie bestimmt, weshalb Dental-Implantate aus Titan an ihrer Oberfläche strukturiert sind.

[0005] Aus Untersuchungen ist bekannt, dass die Poren der Oberfläche eine bestimmte Größe aufweisen müssen, damit eine optimale mechanische Belastbarkeit der Verbindung des Implantats zum Knochen erzielt wird.

[0006] Poren in der Oberfläche des Implantats werden gemäß dem Stand der Technik mittels eines Sandstrahl-Verfahrens und eines darauffolgenden Ätzens erhalten.

[0007] Die EP1450722 beschreibt ein Dentalimplantat, welches mit einem abtragenden Verfahren auf eine Rautiefe zwischen 4 und 20 Mikrometer aufgeraut wird.

[0008] Die DE19858501 beschreibt ein Verfahren zur Bioaktivierung keramischer Implantat-Oberflächen durch die Behandlung mit Lauge.

[0009] Weiter beschreibt die WO 2005/02771 ein zweistufiges Verfahren zum Aufbringen einer porösen Schicht auf einer bereits porösen Oberfläche.

[0010] Die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren lassen sich allerdings auf biokeramische Werkstoffe, insbesondere keramische Implantate nur sehr eingeschränkt übertragen.

[0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das eine Herstellung einer porösen, keramischen Oberflächenschicht auf einem Substrat, insbesondere einem Implantat erlaubt, wobei mittels des Verfahrens eine vorherdefinierte Porosität der Implantatoberfläche durch Aufbringen einer einzigen Schicht direkt auf dem Substrat erzielt werden kann.

[0012] Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0013] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0014] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer porösen, keramischen Oberflächenschicht (2) auf einem Substrat (1) vorgesehen, wobei das Verfahren den Schritt eines Aufbringens einer Mischung auf dem Substrat (1) aufweist, wobei die Mischung umfasst:
mindestens ein Polymer und
mindestens ein keramisches Material.

[0015] Unter einer porösen, keramischen Oberflächenschicht versteht man eine Schicht, die eine keramische Zusammensetzung mit vorherdefinierter Porosität und Rauigkeit aufweist, um damit eine "Verzahnung" von nachwachsendem Gewebe mit einem Implantat zu ermöglichen, womit ein fester Verbund zwischen Gewebe bzw. Knochen und Implantat entsteht. Die poröse, keramische Oberflächenschicht ist bevorzugt biokompatibel, d.h., dass sie optimal mit nachwachsendem Gewebe bzw. Knochen verwächst und somit vom Körper nicht abgestoßen wird.

[0016] Bei der vorliegenden Erfindung wird die poröse Oberflächenschicht bevorzugt nach einem Trockenprozess, am meisten bevorzugt nach einem Sinterprozess aus einer Mischung erhalten.

[0017] Unter einer Mischung versteht man einen Stoff, der aus mindestens zwei Stoffen besteht. Hier besteht die Mischung bevorzugt aus mindestens einem keramischen Material und mindestens einem Polymer.

[0018] Bevorzugt wird die Mischung auf ein Substrat aufgebracht und nach weiteren Bearbeitungsschritten, wie beispielsweise Trocknen und/oder Sintern, eine vorherdefinierte Oberflächenrauigkeit ausgeformt. Darüber hinaus enthält die Mischung keramisches Material bzw. eine Keramik.

[0019] Unter einem Substrat versteht man ein Material mit gewissen Materialeigenschaften, auf welches die Mischung aufgebracht wird. Das Substrat weist vorherdefinierte Materialeigenschaften (Rauigkeit, Wärmeausdehnungskoeffizient, chemische Zusammensetzung) auf, um eine entsprechende Aufbringung und eine spätere, durch Sinterprozesse erzielte Verbindung mit einer porösen, keramischen Oberflächenschicht zu ermöglichen.

[0020] Das Substrat umfasst dabei bevorzugt Materialien, wie sie für Implantate eingesetzt werden, bevorzugt ein keramisches Material bzw. eine technische Keramik aus der Gruppe der Oxidkeramiken, wie Al_2O_3 , ZrO_2 , ZTA, ATZ, MgO, Spinell, Bioglass, Nitridkeramiken, wie Si_3N_4 und Carbidkeramiken, wie SiC, am meisten bevorzugt ZrO_2 vom Typ Y-TZP mit einer Dichte von mindestens $6,00 \text{ g/cm}^3$. Bevorzugt weist das Substrat ähnliche Materialeigenschaften (Gitterkonstante, Wärmeausdehnungskoeffizient), wie die poröse, keramische Oberflächenschicht auf.

[0021] Die Abkürzung ZTA steht für „zirconia toughened alumina“, welches beispielsweise eine Zusammensetzung von 20% ZrO_2 + 80% Al_2O_3 aufweist.

[0022] Die Abkürzung ATZ steht für „alumina toughened zirconia“, welches beispielsweise eine Zusammensetzung von 80% ZrO_2 + 20% Al_2O_3 aufweist.

[0023] Unter einem keramischen Material versteht man keramische Werkstoffe aus der Gruppe der Zirkonoxid einschliesst und für Bereiche der Medizintechnik und allgemeinen Technik eingesetzt wird. Während eines Sintervorgangs kommt es zur Vereinigung der einzelnen Kristallgruppen, die zunächst in Pulverform vorliegen, wodurch sich beispielsweise die hohe Festigkeit von gesintertem, keramischem Material ergibt. Gesintertes keramisches Material wird auch als technische Keramik bezeichnet.

[0024] Unter einem Aufbringen der Mischung auf dem Substrat versteht man, dass die Mischung mit der Substratoberfläche in Kontakt gebracht wird, um eine entsprechende Verbindung zwischen beiden Phasen, also dem Substrat und der Mischung, herzustellen.

[0025] Bevorzugt kann das Aufbringen in direkter Weise erfolgen. Unter einem direkten Aufbringen versteht man, dass die Mischung unmittelbar auf das Substrat und ohne Zwischenschichten auf das Substrat aufgebracht wird. Die Mischung befindet sich somit in direktem Kontakt mit dem Substrat, wobei die einzelnen Moleküle bzw. Atome des Substrats direkt mit den Molekülen bzw. Atomen der Mischung Wechselwirken können und ähnliche Materialeigenschaften, wie beispielsweise Gitterkonstanten für eine optimale Verbindung der späteren porösen, keramischen Oberflächenschicht auf dem Substrat ausgenutzt werden können.

[0026] Bei der vorliegenden Erfindung umfasst die Mischung bevorzugt mindestens ein Polymer und mindestens ein keramisches Material, die miteinander derart vermischt sind, dass die einzelnen Komponenten pro Volumeneinheit ihrer Einwaage entsprechend statistisch nahezu gleichverteilt sind. Ein optimales Mischresultat kann dabei bevorzugt dadurch entstehen, dass das Polymer auf eine vorherdefinierte Temperatur (beispielsweise unter 200°C) erhitzt wird und anschließend mit dem keramischen Material in geeigneter Weise vermischt wird, wobei aus dem Stand der Technik bekannte Mischverfahren herangezogen werden können.

[0027] Die Zersetzung der meisten Polymere (Ausnahme Fluor-Basierende Polymere) ist ab 200°C markant; diese Temperatur hängt vom Sauerstoffpartialdruck ab, so dass Polymere in sauerstoffarmen oder sauerstofffreien Bedingungen (z.B. Vakuum) erst bei höheren Temperaturen instabil werden.

[0028] Unter einem Polymer versteht man eine chemische Verbindung, die aus Ketten oder verzweigten Molekülen besteht, die aus gleichen oder gleichartigen Elementen (Monomeren) bestehen.

[0029] Das Polymer stammt bevorzugt aus der Gruppe die umfasst: Polysaccharide, Polyvinylalkohole, Wachsemulsionen, PMMA, Cellulosefasern, Polypropylenfasern, Fettalkoholsulfatzubereitungen oder eine Kombination davon.

[0030] Polysaccharide, Polyvinylalkohole und Wachsemulsionen sind typische Beispiele für temporäre Bindemittel. Acrylatglas, Cellulosefasern, Polypropylenfasern und Fettalkoholsulfatzubereitungen sind die erfindungsgemäß bevorzugten Porenbildner. Die erfindungsgemäß bevorzugten Porenbildner bilden nach dem Sintervorgang, wie später beschrieben wird, die Poren in der porösen, keramischen Oberflächenschicht, da sie bei dem Sintervorgang verdampfen oder zersetzt werden.

[0031] Dabei ist es möglich, dass jeweils nur ein Polymer der Mischung zugefügt wird oder eine Vielzahl unterschiedlicher Polymere der Mischung zugefügt wird.

[0032] Durch die Zugabe des Polymers ergibt sich der Vorteil, dass dieses gewisse Materialeigenschaften aufweist, wie beispielsweise die Partikelgröße des Polymers in der Mischung, welche nach den weiteren Verfahrensschritten, wie Trocknen und Sintern, die Porositäitseigenschaft der keramischen Oberflächenschicht auf dem Implantat wesentlich beeinflusst.

[0033] Das Polymer tritt dabei als ein Porenbildner auf, da bei dem späteren Sinterprozess, bei einer Temperatur von bevorzugt 1400°C, das Polymer in der keramischen Oberflächenschicht zersetzt oder verdampft und eine von elementarem Kohlenstoff freie poröse, keramische Oberflächenschicht auf dem Substrat, insbesondere dem Implantat, entstehen lässt.

[0034] Die Sintertemperatur wird vom Material als solchem, sowie von seiner Korngröße beeinflusst. Je feiner das Material, desto niedriger ist die Sintertemperatur. Auch kann durch das gezielte Einbringen von "Sinteradditiven" diese Temperatur gesenkt werden. Für ZrO₂ und Al₂O₃ ist ein Bereich von 1200 bis 1600 °C bevorzugt, insbesondere von 1350 bis 1450 °C bevorzugt.

[0035] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass die Mischung weiter mindestens ein Lösungsmittel umfasst.

[0036] Als bevorzugtes Lösungsmittel wird H₂O verwendet. Das Lösungsmittel wird deshalb der Mischung hinzugefügt, um das Polymer geeignet mit dem keramischen Material zu mischen und teilweise aufzulösen, wobei das Polymer in einer dispergierenden Form, wie vorhergehend erläutert wurde, bestehen bleibt. Durch das Hinzufügen des Lösungsmittels (Dispergent) zu der Mischung entsteht eine Dispersion. Dies weist den Vorteil auf, dass die Mischung in Form einer Dispersion bei einem Verarbeitungsvorgang in einem Sprüh- oder Tauchvorgang optimal aufgetragen werden kann.

[0037] Im Folgenden wird nur mehr der Begriff Dispersion anstelle des Begriffs Mischung verwendet, da der Mischung ein Lösungsmittel hinzugefügt wurde.

[0038] Unter einer Dispersion versteht man ein zwei- bzw. mehrphasiges System, in welchem eine zusammenhängende Phase (Dispergent) weitere Phasen (Dispergiermittel, Partikel) enthält.

[0039] In der Dispersion liegt das Polymer bevorzugt in einer Emulsion oder Suspension vor, wobei es in dem Dispergenten unlöslich ist, d.h. das Polymer liegt in "kugelförmiger" Form, gewissermaßen als Polymer-Kügelchen bzw. Polymer-Partikel mit einer bestimmten Partikelgröße vor, wobei die einzelnen Polymer-Partikel derart beabstandet sind, dass sie keinen zusammenhängenden Film bilden. In den Zwischenräumen befindet sich somit das keramische Material.

[0040] Beim Hinzufügen des Lösungsmittels ist es bevorzugt, dass das Polymer vorher nicht erwärmt wird. Allerdings ist es auch möglich, dieses vorher zu erwärmen und dann mit dem keramischen Material und Lösungsmittel zu vermischen.

[0041] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass die Dispersion weiter mindestens ein Dispergiermittel umfasst. Unter einem Dispergiermittel versteht man weitere Phasen in einer Dispersion, wobei bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt alkalifreie Polyelektrolyte, Carbon säurezubereitungen sowie Alkanolamine verwendet werden. Das Dispergiermittel dient in erster Linie dazu, die Dispersion hydrophiler zu machen und somit mehr Feststoff, also beispielsweise mehr keramisches Material oder anorganischen Binder, wie später noch vorgestellt wird, der Dispersion zufügen zu können, damit diese

optimal gemischt ist und sich einzelne Komponenten besser aufgelöst haben.

[0042] Es ist bevorzugt, dass für die Verflüssigung ein Verflüssigungsmittel auf der Basis von Polyelektrolyten oder Carbonsäurezubereitungen zur Anwendung kommt. Die Verflüssigung erfolgt über elektrolytische Wechselwirkungen. Über den Kontakt der dissoziierten Ionen des Verflüssigungsmittels mit den Keramikpartikeln in der Dispersion kommt es zum Ausgleich der Ladung, die im wässrigen System an der Oberfläche der Rohstoffteilchen entsteht. Die danach vorliegenden Teilchen können leicht aneinander vorbeigleiten. Weiterhin wirksam bleiben die statischen Ladungen der Rohstoffpartikel, die eine Abstoßung der Teilchen untereinander bewirken. Eine Verringerung der Viskosität ist die Folge. Zur Verflüssigung und Dispergierung von Nichtoxiden wie Siliciumcarbid und Siliciumnitrid werden Rohstoffe auf der Basis von Alkanolaminen eingesetzt. Diese Verflüssigungsmittel wirken pseudokationisch. Über die Anlagerung des Verflüssigungsmittels an die anionische Oberfläche des zu verflüssigenden Rohstoffes entstehen gleichsinnige Ladungen, die eine Abstoßung der Rohstoffteilchen voneinander zur Folge haben. Der Abstand zwischen den Rohstoffteilchen wird vergrößert, wodurch die Viskosität abnimmt.

[0043] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass die Dispersion weiter mindestens einen anorganischen Binder umfasst. Der anorganische Binder stammt aus der Gruppe der Phosphate (z.B. Al-Monophosphat) oder Silikate oder stellt eine Kombination dieser Komponenten dar. Der anorganische Binder bewirkt, dass nach allen Stadien des Verarbeitungsprozesses, also vom Aufbringen der Dispersion auf dem Substrat, bis zum Sinterprozess, die poröse, keramische Oberflächenschicht, also das erfindungsgemäße Endprodukt, eine hohe Festigkeit erlangt. Ebenso bewirkt der anorganische Binder, dass während und nach dem Trocknungsprozess das keramische Material, also bevorzugt ZrO_2 vom Typ Y-TZP, besser aneinander haftet.

[0044] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass das keramische Material aus der Gruppe stammt, die umfasst: ZrO_2 -Werkstoffe, wie Y-TZP, ATZ, Ce-TZP, PSZ, Ce-ATZ, Al_2O_3 , Spinell, Hydroxylapatit, Bioglass Si_3N_4 , sowie weitere keramische Materialien, welche biokompatibel sind.

[0045] Y-TZP steht für auf Yttriumoxid stabilisiertes Tetragonales Zirkonoxid (TZP = tetragonal zirconia polycrystal). Unstabilisiertes Zirkonoxid ZrO_2 weist bei Raumtemperatur eine monokline Kristallstruktur und bei Temperaturen über $1170^\circ C$ eine tetragonale Kristallstruktur auf. Da es beim Phasenübergang zwischen tetragonal zu monoklin zu einem Umlappen der Gitterstruktur kommt, was mit einer Volumenzunahme um ca. 3 % verbunden ist, wird reines ZrO_2 mit Yttriumoxid versetzt, um eine spätere Zerstörung beim Sinterprozess zu vermeiden. Y-TZP dient in der erfindungsgemäßen Dispersion als keramisches Material, welches vergleichbare Eigenschaften wie das keramische Material des Implantats aufweist. Y-TZP ist nach dem Sinterprozess eine technische Keramik, deren chemische und physikalische Eigenschaften sich in der Implantations-Chirurgie bisher sehr bewährt haben.

[0046] Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die Mischung bzw. Dispersion, die auf das Substrat aufgebracht und anschließend getrocknet und gesintert wird, direkt auf das Substrat, d.h. ohne einer oder weiterer Zwischenschichten, aufgebracht wird. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass Materialeigenschaften des darunterliegenden Substrats, wie beispielsweise Gitterkonstanten, Wärmeausdehnungskoeffizient, etc. optimal ausgenutzt werden können. Somit kommt es einerseits zu einem besseren Halt der porösen, keramischen Oberflächenschicht auf dem Substrat und andererseits zu einer gewünschten Porosität.

[0047] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass das Verfahren nach dem Schritt des Aufbringens der Dispersion einen Schritt des Trocknens umfasst:

[0048] Der Schritt des Trocknens dient bevorzugt dazu, dass die Dispersion, die direkt auf das Substrat aufgebracht wurde, entsprechend nach dem Abtropfen trocknen kann, damit sich nach einem späteren Sinterprozess eine entsprechende poröse und keramische Oberflächenschicht ausbildet. Zum Trocknen wird das Substrat in eine im Stand der Technik bekannte Trocknungsvorrichtung eingebracht und für eine vorherdefinierte Zeit bei einer konstanten oder konstant ansteigenden Temperatur, die nach einer gewissen Zeit einen Maximalwert erreicht, getrocknet.

[0049] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass der Schritt des Trocknens bei einer Temperatur zwischen $20^\circ C$ und $70^\circ C$, bevorzugt zwischen $40^\circ C$ und $60^\circ C$, am meisten bevorzugt bei $50^\circ C$ durchgeführt wird. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass das Substrat mit der darauf aufgetragenen Dispersion optimal und den Materialeigenschaften entsprechend getrocknet werden kann.

[0050] Das Trocknen dient bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dem Entzug des Dispergenten aus der Schicht. Bevorzugt ist es dabei, die Temperatur zu erhöhen und damit die relative Feuchte der Umgebungsluft zu erniedrigen. Erwärmt man auf Temperaturen über dem Verdampfungspunkt des Dispergenten so verdampft dieser. Darüber hinaus kann die Schicht auch durch Unterdruck vom Dispergenten befreit werden, denn die Druckerniedrigung bewirkt eine Senkung der Verdampfungstemperatur.

[0051] Bei einem bevorzugten Einbringen der keramischen Komponente in ein erwärmtes, flüssiges Polymer ist folgendes System bevorzugt: eine keramische Komponente, z.B. Y-TZP, wird mit einem Porenbildner, z.B. PMMA, in ein Polymer eingebracht, welches in überkritischem CO₂ gut löslich ist. Dieses Polymer wirkt als Dispergent der Keramik und des Porenbildners und kann in einer Druckkammer, welche CO₂ unter hohem Druck enthält, ausgewaschen werden. Eine derartige Kombination ist ebenso mit polymeren Dispergenten bevorzugt, welche wasserlöslich sind, und die analog im Wasserbad entfernt werden können.

[0052] Derartige Prozesse kennt man in der keramischen Technik als Entbindern. Jedoch wird bei der vorliegenden Erfindung ein anorganischer Binder eingesetzt, welcher auf diese Weise nicht entfernt werden kann.

[0053] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass das Verfahren weiter einen Sinterprozess aufweist. Unter einem Sinterprozess versteht man dabei, dass das Substrat mit der darauf befindlichen getrockneten Dispersion in eine entsprechende Sintervorrichtung gebracht wird, wie sie aus dem Stand der Technik für entsprechende Sinterprozesse bekannt ist.

[0054] Dabei ist es bevorzugt, dass der Sinterprozess bei einer Temperatur zwischen 1000 °C und 2000 °C, bevorzugt zwischen 1200 °C und 1600 °C, am meisten bevorzugt zwischen 1350 °C und 1450 °C durchgeführt wird. Durch den Sinterprozess werden, wie vorhergehend bereits erläutert wurde, die Polymer-Partikel, die in der jetzt getrockneten Dispersionsschicht auf dem Substrat eingeschlossen sind, bei einer bestimmten Temperatur zersetzt oder verdampft. Die Sintertemperatur wird bevorzugt an die jeweilige Verdampfungstemperatur des Polymers angepasst wird, d.h. die Sintertemperatur liegt bevorzugt über der Zersetzungs- oder Verdampfungstemperatur des Polymers.

[0055] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass das in der Dispersion vorliegende Polymer eine vorherdefinierte Partikelgröße aufweist, die bevorzugt zwischen 10 Mikrometer (µm) und 100 Mikrometer liegt, besonders bevorzugt zwischen 20 Mikrometer und 50 Mikrometer liegt. Unter der Partikelgröße des Polymers versteht man dabei den äußeren Durchmesser des Polymer-Partikels. Weiter ist es bevorzugt, dass ein vorherbestimmter Prozentsatz der Polymere in der Dispersion eine bestimmte Partikelgröße aufweist, d.h. mit einer bestimmten Verteilung auftritt, die bevorzugt einer Gauß-Verteilung entspricht.

[0056] Während des Sintervorgangs zersetzen oder verdampfen die in der verfestigten Dispersion befindlichen Polymer-Kügelchen.

[0057] Ab einer bestimmten Temperatur verfestigt sich die Dispersion zu einem festen Gefüge, die Polymer-Kügelchen zersetzen oder verdampfen und es entstehen in der keramischen Schicht Poren, die sich sowohl im Inneren der keramischen Schicht als auch an der Oberfläche befinden.

[0058] Es entstehen oberflächennahe Poren, welche die ursprüngliche Geometrie der Polymer-Kügelchen erkennen lassen. Durch die entsprechend gewählte Geometrie und Größe (10 bis 100 Mikrometer) der Kügelchen kann die später durch den Sinterprozess entstehende Porengröße in der Oberflächenschicht gezielt gesteuert werden. Je größer also der Durchmesser der Polymer-Kügelchen ist, desto rauer wird die Oberfläche der porösen, keramischen Oberflächenschicht werden.

[0059] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass das Aufbringen der Dispersion mittels eines Tauchvorgangs, eines Sprühvorgangs oder einer Kombination davon erfolgt.

[0060] Unter einem Tauchvorgang versteht man bevorzugt, dass das Substrat in einen Behälter mit der darin eingebrachten Dispersion vollständig oder teilweise eingetaucht wird, sodass die Dispersion das Substrat vollständig oder teilweise benetzen kann.

[0061] Unter einem Sprühvorgang versteht man bevorzugt, dass das Substrat in eine geeignete Vorrichtung eingebracht bzw. aufgebracht wird, welche ein gleichförmiges Besprühen des Substrats mit der Dispersion erlaubt.

[0062] Ebenso kann es sich bei dem Aufbringen der Dispersion auf dem Substrat um eine Kombination von Tauch- und Sprühvorgängen handeln.

[0063] Sofern es aufgrund der Zusammensetzung der Mischung bzw. Dispersion technisch notwendig ist zusätzlich zu trocknen, da die Schicht beispielsweise nicht unter Umgebungsbedingungen hinreichend schnell trocknet, so erfolgt das Trocknen bevorzugt sofort nach dem Beschichten.

[0064] Die entsprechenden Tauch- und Sprühvorgänge erlauben somit die Dispersion auf eine effiziente, sowie kosten- und zeitsparende Weise aufzubringen.

[0065] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass der Dispersion zusätzlich weitere keramische Komponenten hinzugefügt werden. Diese keramischen Komponenten gehören bevorzugt zur Gruppe die Oxide, Hydroxide, Phosphate und Carbonate umfasst und für eine zusätzliche Funktionalisierung der porösen Schicht sorgt. Dabei kann der Dispersion zusätzlich ein keramisches Material zugefügt werden, welches chemisch mit dem anorganischen Binder und/oder weiteren Komponenten der Dispersion reagiert.

[0066] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass der Dispersion zusätzlich im Dispergenten lösliche Salze hinzugefügt werden. Diese Salze bilden beim Trocknen und anschließenden Sintern Substanzen, welche die Biokompatibilität der Beschichtung, deren Einheilen oder aber deren Eigenschaften allgemein (ihre Festigkeit, Haftung am Substrat, etc.) fördern.

[0067] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass das Substrat nach einem heissisostatischen Nachverdichten (HIP) und vor einem re-Oxidationsbrand mit der porösen keramischen Oberflächenschicht beschichtet wird.

[0068] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass die poröse keramische Oberflächenschicht gemeinsam mit dem Substrat ein Implantat, bevorzugt ein Dentalimplantat bildet. Sowohl durch die Materialeigenschaften des Substrats, wie auch die der porösen, keramischen Oberflächenschicht ergibt sich ein Implantat, welches eine biokompatible Oberflächenschicht aufweist, die ein Verwachsen bzw. eine Verbindung zwischen dem nachwachsendem Gewebe bzw. des Knochens mit dem Implantat erlaubt, wodurch es zu einer optimalen mechanischen Festigkeit zwischen Implantat und Gewebe bzw. dem Knochen kommt.

[0069] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert.

[0070] **Fig. 1** zeigt eine graphische Darstellung der auf ein Implantat aufgetragenen Dispersion.

[0071] **Fig. 2** zeigt eine graphische Darstellung der nach dem Trocknungs- und Sinterprozess gebildeten porösen Oberflächenschicht.

[0072] In **Fig. 1** ist eine graphische Darstellung einer auf einem Substrat 1 aufgetragenen erfindungsgemäßen Dispersion 2 dargestellt, wobei das Aufbringen der Dispersion 2 mittels einer Sprühhvorrichtung 3 erfolgt.

[0073] Dabei wird in einem ersten Schritt eine erfindungsgemäß bevorzugte Dispersion mit folgenden Komponenten hergestellt:
Von dem keramischen Material Y-TZP werden 300 g von Tosoh TZ-3YS-E, weiter 2,5 g CaCO₃, 90 g BAC-60, welches die Polymer-Kügelchen als spätere Porenbildner nach dem Sinterprozess darstellt, 15 g von Butapur-1 als anorganischer Binder, 3 g Dispex A40 als Dispergent und 529 g H₂O als Lösungsmittel in ein Gefäß gegeben und miteinander vermischt bis eine entsprechend gleichverteilte Dispersion vorliegt. Unter gleichverteilt versteht man, dass die einzelnen Komponenten, die sich in der Dispersion befinden, statistisch gesehen in nahezu gleichen Anteilen in einer Volumeneinheit vorkommen.

[0074] Anschließend wird die Dispersion in einen Behälter (nicht dargestellt) einer Sprühhvorrichtung 3 eingefüllt, welcher ebenso eine Mischvorrichtung (nicht dargestellt) aufweist, damit die Dispersion ständig gut durchgemischt ist.

[0075] Das Substrat 1 wird auf eine Haltevorrichtung 4 gelegt, welches ein keramisches Substrat vom Typ Y-TZP mit der Bezeichnung Metoxit TZP-A ist und eine Dichte von mindestens 6,00 g/cm³ aufweist.

[0076] Die in der Graphik dargestellten Pfeile deuten dabei an, dass je nach Anwendungsfall sowohl die Haltevorrichtung 4 als auch die Sprühhvorrichtung 3 relativ zu einander bewegt werden können, um ein optimales Auftragungsergebnis der Dispersion 2 auf das Substrat 1 zu erhalten. In diesem Ausführungsbeispiel wurde die Sprühhvorrichtung 3 relativ zu der Haltevorrichtung 4 bewegt.

[0077] Nachdem 5 ml der Dispersion direkt auf das Substrat 1, d.h. ohne eine weitere Zwischenschicht aufgebracht wurden, hat sich eine flüssige Oberflächenschicht der Dispersion 2 auf dem Substrat 1 ausgebildet. Die flüssige Schicht der Dispersion weist dabei eine Stärke von 80 bis 100 Mikrometer auf dem Substrat auf.

[0078] In der Fig. 1 sind ebenso die in der Dispersion 2 befindlichen Polymer-Kügelchen 5 dargestellt. Sie liegen statistisch verteilt in der Dispersionsschicht auf dem Substrat 1 vor, sowohl im Inneren der Schicht als auch oberflächennah.

[0079] Die weiteren in der Dispersion befindlichen Komponenten, wie keramisches Material, anorganischer Binder, Dispergiermittel sind nicht dargestellt.

[0080] In Fig. 2 ist die poröse Oberflächenschicht nach einem Trocknungsprozess und einem Sinterprozess dargestellt.

[0081] Dabei wird zunächst eine Dispersion mit folgender Zusammensetzung hergestellt: Von dem keramischen Material Y-TZP werden 300 g von Tosoh TZ-3YS-E, weiter 220 g BAC-60 als Porenbildner, 15 g von Butapur-1 als anorganischer Binder, 3 g Disperx A40 als Dispergent und 1200 g H₂O als Lösungsmittel in ein Gefäß gegeben und miteinander vermischt bis eine entsprechend gleichverteilte Dispersion vorliegt. Die bevorzugte Zusammensetzung der Dispersion ist für eine Aufbringung der Dispersion mittels eines Tauchvorganges geeignet, wobei die Dispersion dünnflüssiger als die in Fig. 1 beschriebene Dispersion ist.

[0082] Anschließend wird ein Substrat vom Typ Y-TZP mit der Bezeichnung Metoxit TZP-A mit einer Dichte von mindestens 6,00 g/cm³ in den Behälter mit der Dispersion mit seiner vorderen Oberfläche eingetaucht (nicht dargestellt), sodass das Substrat an seiner vorderen Oberfläche mit der Dispersion mit einer Schichtdicke von 80 bis 100 Mikrometer bedeckt ist.

[0083] Anschließend wird das Substrat 1 mit der aufgetragenen Dispersion in einer Trockenkammer bei 50°C für 30 bis 60 Minuten getrocknet, bis sich die Dispersion entsprechend verfestigt hat, da Lösungsmittel aus der Dispersion verdunstet ist (nicht dargestellt). Dabei wird eine Trockenkammer verwendet, wie sie im Stand der Technik üblich ist.

[0084] Nach dem Trocknungsprozess wird das Substrat 1 mit der verfestigten Dispersion in eine Sintervorrichtung eingebracht, wobei eine Sintervorrichtung verwendet wird, wie sie im Stand der Technik üblich ist.

[0085] Die Sintervorrichtung wird auf eine Temperatur von 1400°C aufgeheizt. Das Substrat mit der verfestigten Dispersion wird dabei für 30 Minuten behandelt.

[0086] Dabei verfestigen sich die in der Dispersion vorhandenen Komponenten zu einem porösen, keramischen Gefüge. Es entsteht eine poröse, keramische Oberflächenschicht. Die noch in der verfestigten Dispersion vorhandenen Polymer-Kügelchen, die eine Partikelgröße von 50 Mikrometer aufweisen, sind bei dieser Temperatur bereits zersetzt, da die Zersetzung für dieses Polymer viel tiefer liegt (ca. 200°C).

[0087] Dadurch, dass sich die verfestigte Dispersion ab einer bestimmten Temperatur zu einem bestimmten, festen Gefüge verfestigt und die Polymer-Kügelchen zersetzen, entstehen in der keramischen Schicht Poren 6, die sich sowohl im Inneren der keramischen Schicht als auch an der Oberfläche befinden. Dadurch entstehen oberflächliche und oberflächennahe Poren, welche die ursprüngliche Geometrie der Polymer-Kügelchen erkennen lassen, die einzig durch den Sinterprozess entstehen, da die Polymer-Kügelchen bei 1400°C längst zersetzt sind. Somit lässt sich durch die gewählte Geometrie und Größe (10 bis 100 Mikrometer) der Kügelchen die später durch den Sinterprozess entstehende Porengröße in der Oberflächenschicht gezielt steuern. Je größer also der Durchmesser der Polymer-Kügelchen ist, desto rauer wird die Oberfläche der porösen, keramischen Oberflächenschicht.

[0088] Weiter ist in Fig. 2 erkennbar, dass die poröse, keramische Oberflächenschicht bedingt durch den Trocknungs- und Sinterprozess eine geringere Dicke als die flüssige Dispersion 2 aufweist. Die Schichtdicke ist dabei auf ungefähr 20 Mikrometer geschrumpft.

[0089] Nachfolgend werden zwei Tabellen für bevorzugte Ausführungsbeispiele für Dispersionslösungen angegeben.

[0090] Die Tabelle A stellt dabei die Zusammensetzung von drei Ausführungsbeispielen für das Aufbringen mittels Aufsprühen dar, die Tabelle B stellt die Zusammensetzung von drei Ausführungsbeispielen für das Aufbringen mittels eines Tauchvorganges dar.

Tabelle A

Sprühvorgang (alle Angaben in g)

Beispiel	1	2	3
TZ-3YS-E	300	300	300
CaCO ₃	2,5	5	15
BAC-60 (Porenbildner)	90	90	90
Butapur-1 (anorganischer Binder)	15	15	15
Dispex A40 (Dispergent)	3	3	3
H ₂ O	529	529	529

Tabelle B

Tauchvorgang (alle Angaben in g)

Beispiel	1	2	3
TZ-3YS-E	300	300	300
CaCO ₃			
BAC-60 (Porenbildner)	86	132	220
Butapur-1 (anorganischer Binder)	15	15	15
Dispex A40 (Dispergent)	3	3	3
H ₂ O	1200	1200	1200

Bezugszeichenliste

- 1 Substrat
- 2 Dispersion
- 3 Sprühvorrichtung
- 4 Haltevorrichtung
- 5 Polymer-Kügelchen
- 6 Pore
- 10 poröse Oberflächenschicht

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer porösen, keramischen Oberflächenschicht (10) auf einem Substrat (1), wobei das Verfahren den Schritt eines Aufbringens einer Mischung auf dem Substrat (1) aufweist, wobei die Mischung umfasst:
mindestens ein Polymer und
mindestens ein keramisches Material.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die Mischung weiter mindestens ein Lösungsmittel umfasst.
3. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mischung weiter mindestens einen Dispergenten umfasst.
4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mischung weiter mindestens einen anorganischen Binder umfasst.
5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren nach dem Schritt des Aufbringens der Mischung (2) einen Schritt des Trocknens umfasst.
6. Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei der Schritt des Trocknens bei einer Temperatur zwischen 20 °C und 140 °C, bevorzugt zwischen 40 °C und 120 °C, am meisten bevorzugt bei 50 °C durchgeführt wird.
7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren weiter einen Sinterprozess aufweist.
8. Verfahren gemäß Anspruch 7, wobei der Sinterprozess bei einer Temperatur zwischen 1000°C und 2000°C, bevorzugt zwischen 1200°C und 1600°C, am meisten bevorzugt zwischen 1350°C und 1450°C durchgeführt wird.
9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Substrat aus der Gruppe stammt die umfasst: Oxidkeramik, Al₂O₃, ZrO₂, ZTA, ATZ, MgO, Spinell, Bioglass, Nitridkeramik, Si₃N₄, Carbidkeramik, SiC, sowie sonstige, nicht notwendigerweise biokompatible, keramische Materialien.
10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Polymer als Dispergent dient.
11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das in der Mischung vorliegende Polymer eine vorherdefinierte Partikelgröße aufweist, die bevorzugt zwischen 10 µm bis 100 µm liegt.
12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Polymer aus der Gruppe stammt, die umfasst: Poly-Vinylacetat, Cellulose, Polysaccharide, Polyvinylalkohole, Wachsemulsionen, Acrylatglas, Cellulosefasern, Polypropylenfasern, Fettalkoholsulfatzubereitungen oder eine Kombination davon.
13. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das keramische Material aus der Gruppe stammt, die umfasst: ZrO₂-Werkstoffe, Y-TZP, ATZ, Ce-TZP, PSZ, Ce-ATZ, Al₂O₃, Spinell, Hydroxylapatit, Bioglass, Si₃N₄, sonstige biokompatible, keramische Materialien.
14. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der anorganische Binder aus der Gruppe stammt, die umfasst: Phosphate, Silikate, Carbonate, Sulfate.
15. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Lösungsmittel H₂O sowie organische Lösungsmittel mit hydrophilen funktionellen Gruppen umfasst.
16. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Aufbringen der Mischung mittels eines Tauchvorgangs, eines Sprühvorgangs oder einer Kombination davon erfolgt.
17. Implantat, umfassend ein Substrat (1) und eine poröse, keramische Oberflächenschicht (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen:

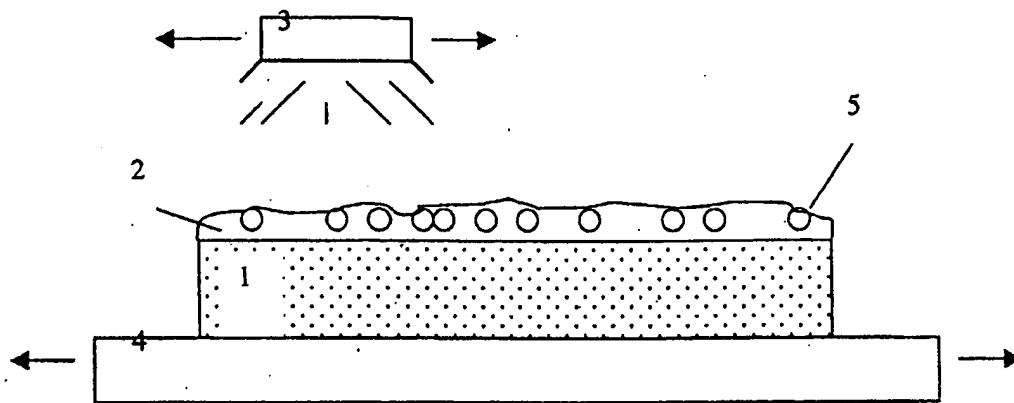


FIG. 1

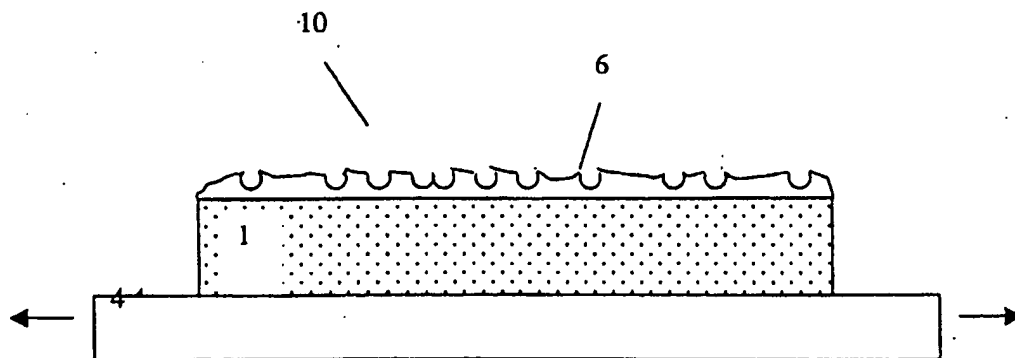


FIG. 2